This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

UC-NRLF
$B 118 332
K-QP
385
A25
4101

DIE

WAHREN ZENTREN DER BEWEGUNG

UND DER

AKT DES WILLENS.

VON

PROF. DR. ALBERT ADAMKIEWICZ

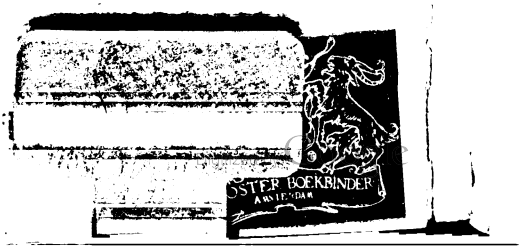
IN WIEN.

MIT EINER ABBILDUNG IM TEXT.

WIEN UND LEIPZIG.
WILHELM BRAUMÜLLER
K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER.
1905.

YC110270
Digitized by Google

Ex-libris
Charles Atwood
Kofoid


STER BOEKBINDER

THE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

PRESENTED BY
PROF. CHARLES A. KOFOID AND
MRS. PRUDENCE W. KOFOID

Digitized by Google

Digitized by Google

DIE

WAHREN ZENTREN DER BEWEGUNG

UND DER

AKT DES WILLENS.

VON

PROF. DR. ALBERT ADAMKIEWICZ

IN WIEN.

MIT EINER ABBILDUNG IM TEXT.

WIEN UND LEIPZIG.
WILHELM BRAUMULLER
K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER.
1905.

LEESMUSEUM AMSTERDAM
Digitized by Google

ALLE RECHTE VORBEHALTEN.

DRUCK VON FRIEDRICH JASPER IN WIEN.

Digitized by Google

K-QP385
A25
Biology
Library

INHALT.

Seite

I. Die Seelenfelder des Großhirns 5
II. Die bisher angenommenen Bahnen des Willens 8
III. Das Kleinhirn im Licht der bisherigen Forschungen 9
IV. Die Großhirnrinde als Organ der Seele 16
V. Das Kleinhirn als Zentrum der Bewegung . . 18
VI. Allgemeine Beziehungen zwischen Großhirn und Kleinhirn 21
VII. Lokalisation im Kleinhirn 23
1. Allgemeine Lokalisation 24
2. Anatomische Bemerkungen über das Kaninchen-Kleinhirn 26
3. Experimentelles Verfahren 27
4. Beurteilung der allgemeinen Experimentalergebnisse 28
5. Spezielle Lokalisation 36
A. Obere Kleinhirnseitenwülste 39
B. Kleinhirnkörper 43
6. Die kompensatorischen Leistungen im Kleinhirn und die Kompensation des Gesamtorganes . . . 47
7. Die Willensfunktion und ihr physiologischer Apparat 48

M350842

Digitized by Google

Digitized by Google

I. Die Seelenfelder des Großhirns.

Im Jahre 1870 haben Fritsch und Hitzig gefunden, daß man von der Großhirnrinde aus mittels elektrischer Ströme die Muskeln des Körpers in Bewegung setzen könne.

Seitdem gilt die Großhirnrinde als der Angriffspunkt der Körperbewegungen.

Man hat diesen Angriffspunkt dann genauer lokalisiert und festgestellt, daß er sich vor und in den Zentralwindungen befinde und vornehmlich das Gebiet dieser Windungen einnehme.

Sieben Jahre später hat Munk gefunden, daß die hinter den Zentralwindungen befindlichen Flächen der Gehirnrinde den Sinnesempfindungen gehören.

Danach hat man dann die Hirnrinde in zwei große Abschnitte eingeteilt, in einen vorderen, die zentrifugalen Erregungen vermittelnden, also motorischen und einen größeren hinteren, den zentripetalen Erregungen zur Aufnahme dienenden, also sensorischen Abschnitt.

Im Jahre 1883 habe ich[1]) dann den Nachweis erbracht, daß es eine prinzipielle Scheidung zwischen motorischen und sensorischen Gebieten auf der Hirnrinde gar nicht gebe.

---

[1]) Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien. 1883. Math.-Naturw. Cl. Bd. LXXXVIII, III. Abt., S. 113 ff. Hirndruck und Hirnkompression.

Digitized by Google

Die Rinde ist vielmehr in ihrer ganzen Ausdehnung sensorisch. Sie ist ausschließlich Sitz und Angriffspunkt der Seele. Als solcher umfaßt und beherrscht sie alle Organkomplexe des Körpers und beherbergt sie in anatomisch homologen und physiologisch gleichwertigen Bezirken.

Es gibt also auf der Rinde nicht gesonderte Abschnitte für die zentrifugalen und für die zentripetalen Erregungen, sondern nur gesonderte Seelengebiete für die einzelnen Organkomplexe. Und ob es sich nun um die Funktion der Bewegung oder die des Sehens, um die des Hörens, oder die des Schmeckens oder Riechens handelt; jede dieser Funktionen hat ihren eigenen Abschnitt auf der Rinde und umfaßt seelisch alles das, was sie zur Erfüllung ihrer Aufgabe an zentrifugalen und zentripetalen Erregungen braucht und verwertet.

Es folgt hieraus, daß es auch nicht, wie einst angenommen wurde, auf der Großhirnrinde einen sensorischen und einen motorischen Abschnitt gibt, sondern ausschließlich physiologisch gleichwertige Seelenfelder, und zwar an Zahl soviel als der Körper Organkomplexe aufweist. Demnach enthält die Großhirnrinde ein Seelengebiet für die Muskulatur und eines für das Organ des Sehens, ein solches für das Organ des Geschmackes und eines für das des Geruches und, weil die Seele nicht nur die animalen, sondern auch die vegetativen Funktionen beherrscht, so ist sie auch im Besitze eines Angriffspunktes für die dem vegetativen Leben dienenden Apparate.

So vermittelt der Hinterhauptslappen nicht nur Netzhautwahrnehmungen, sondern, wie ich im Jahre

Digitized by Google

1883[1]) nachgewiesen habe, auch alle motorischen, sekretorischen und trophischen Vorgänge, welche die Funktion des Auges erhalten. Der Schläfelappen besorgt nicht nur das Hören, sondern auch alle mit dieser Funktion in Verbindung stehenden anderen Leistungen des Gehörorganes. Und da die Stirnlappen das Seelenfeld der Bewegung repräsentieren, so beherrschen sie nicht nur die der Muskulatur eigene Fähigkeit der Bewegung, sondern gleichzeitig auch noch alle diejenigen Nebenfunktionen der Bewegung, welche diese begleiten, dem Kraft- und Bewegungssinn dienen, und ohne welche die Muskeln ihre Funktion in physiologischer Weise nicht ausführen würden. Alle Seelenfelder sind deshalb nicht nur koordinierte und gleichwertige, sondern auch identisch funktionierende Rindengebiete, in denen die Seele ebenso zentripetale Erregungen empfängt, als zentrifugale entsendet, und in denen beide Arten von Erregungen sich nur durch die Qualität der ihnen eigentümlichen Grundleistungen und die Quantität der diesen Grundleistungen zukommenden zentripetalen und zentrifugalen Bahnen unterscheiden. So hat das Seelenfeld der Muskeln zur Grundfunktion das Entsenden, das Seelenfeld jedes Sinnesorganes das Empfangen von Impulsen. Demgemäß überwiegt die Zahl von Nervenfasern, die von den Stirnlappen, dem Seelenfeld der Bewegung, zur Peripherie ziehen, bei weitem die Zahl derjenigen, welche von der Peripherie zu den Frontallappen aufsteigen, während für die Seelenfelder der Sinne gerade das Umgekehrte gilt und die Masse von Fasern, die

[1]) Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien. 1883. L. c.

Digitized by Google

von ihnen herabsteigen, im Verhältnis zur Zahl derjenigen, welche sie empfangen, nahezu verschwindet.

II. Die bisher angenommenen Bahnen des Willens.

Weil nun die Muskulatur das massigste Organ darstellt, das der Körper überhaupt besitzt und nahezu ein Drittel seines Gesamtgewichtes ausmacht, und weil das Gehirn von den Stirnlappen aus diese Masse und durch sie den ganzen Körper in Bewegung setzt und damit die größte mechanische Arbeit leistet, dessen der Körper fähig ist; deshalb stellen die Nervenbahnen, die den Stirnlappen zur Vermittlung dieser mächtigsten aller Funktionen zur Verfügung stehen, ein entsprechend mächtiges Konvolut von Fasern dar und nehmen nicht nur den größten Teil des Stabkranzes für sich in Anspruch, sondern vereinigen sich zu den stärksten der die Rückenmarkssubstanz zusammensetzenden Bahnen, zu den beiden Strangpaaren der Pyramiden.

So gilt es denn als eine der bestgesicherten Tatsachen in der Wissenschaft, daß der Wille mit seinen gewaltigen Bewegungsimpulsen, denen, die den Gesamtkörper regieren, auf der Rinde der Stirnlappen einsetzt, durch die Fasern des Stabkranzes, vornehmlich die der inneren Kapsel und dann des Fußes des Großhirnschenkels zu den Pyramiden gelangen und zum größten Teil gekreuzt in den Hinterseitensträngen, zum kleineren Teil ungekreuzt in den Türkschen Hülsen-Vorderstrangbahnen herabsteigen soll, um endlich durch die Ganglien der Vorderhörner und die vorderen Wurzelbündel in die vorderen Wurzeln und durch sie in die Muskeln des Körpers zu treten.

Digitized by Google

Nach dieser Lehre sind also die Willensbahnen auf das Großhirn und das Rückenmark beschränkt. Und kein anderer Teil des Zentralnervensystems soll die souveräne Herrschaft des Großhirns einerseits über den Willen selbst, anderseits über die ihm zur Ausübung seiner Gebote zur Verfügung stehenden Organe auch nur im geringsten schmälern.

So fest diese Lehre auch durch Tatsachen der Physiologie und der Pathologie gestützt erscheint, sie ist trotzdem nicht ganz richtig. Und ich will im Folgenden den Beweis führen, daß das Großhirn die Bewegungsfunktion nicht souverän beherrscht und daß sich mit ihm in der Herrschaft über diese mächtigste aller Funktionen ein Organ teilt, dessen physiologische Bedeutung bisher nicht nur als nicht aufgeklärt, sondern nach Ansicht einer gewichtigen Autorität sogar als vollkommen entbehrlich gilt, das Kleinhirn.

III. Das Kleinhirn im Licht der bisherigen Forschungen.

Bevor ich indessen den Beweis führen will, daß das Kleinhirn sich mit dem Großhirn in die Herrschaft der Bewegungsfunktion nicht nur teilt, sondern das eigentliche Organ der Bewegung, d. h. die Werkstatt des Bewegungsmechanismus ist, muß ich zunächst in Kürze zusammenfassen, was die Forschung bezüglich der Funktion des Kleinhirns bisher ergeben hat und welche Ansicht bezüglich dieser Funktion gegenwärtig als die maßgebendste angesehen wird.

Die Forschungen über die Bedeutung des Kleinhirns umfassen einen Zeitraum von nahezu hundert Jahren!

Digitized by Google

Und doch ist es bis jetzt nicht gelungen, diese Bedeutung in unzweifelhafter Weise klar zu legen.

Luigi Rolando[1]) war es, der zuerst, und zwar im Jahre 1809, die Funktionen des Kleinhirns experimentell festzustellen versucht hat. Und Luigi Luciani[2]) ist, wenn auch nicht der letzte, so doch jedenfalls derjenige Forscher gewesen, welcher nicht nur die gesamte ungeheure und höchst verworrene Literatur eines ganzen Jahrhunderts über das Kleinhirn zu sichten, sondern auch noch durch acht Jahre eigener emsiger Experimentalstudien zu einem zwar nicht definitiven, aber auch von seinen Nachfolgern nicht erreichten Abschluß zu bringen sich die mühsame Aufgabe gestellt hat.

Lucianis Arbeit repräsentiert deshalb den gegenwärtigen Standpunkt der Kleinhirnphysiologie. Und die hat Folgendes ergeben:

Alle Experimentatoren von Rolando bis Luciani, der letztere mitinbegriffen, haben die Funktion des Kleinhirns durch Verletzungen desselben zu ergründen gesucht und als Folge dieser Verletzungen eine Reihe von Erscheinungen gesehen, die mit großer Regelmäßigkeit immer wiederkehrten und die nichtsdestoweniger den allermannigfaltigsten Deutungen unterlagen.

Was die Erscheinungen betrifft, die die künstlichen Verletzungen, ebenso wie die krankhaften, also natürlichen Störungen des Kleinhirns hervorbringen, so gehören sie alle in das Gebiet der Bewegungsstörungen. Und sie äußern sich darin, daß sie einerseits die

[1]) Saggio sopra la vera struttura del cervello e sopra le funzioni del sistema nervoso. Sassari 1809.

[2]) Das Kleinhirn. Leipzig 1893.

Digitized by Google

normale Gebrauchsfähigkeit des Bewegungsapparates einschränken oder vernichten und anderseits diesen Bewegungsapparat unter die Herrschaft von Impulsen bringen, die nicht nur vom Willen nicht ausgehen, sondern auch noch gänzlich außerhalb des Bereiches seines Einflusses liegen.

So schablonenhaft, monoton und einförmig sich auch dieses Experimentalergebnis in der Hand eines jeden Experimentators abwickelt, so ungleichartig, so mannigfaltig und verschieden sind dennoch die Erklärungen gewesen, welche man der Erscheinung selbst zu geben versucht hat. Und unter der Wucht der Legionen von Deutungen, die sie gefunden hat, hat nicht nur kein Verständnis der Funktion des Kleinhirns aufkommen können, sondern ist auch noch der Wille entmutigt worden, sich den Weg zu demselben zu bahnen.

Doch lassen sich in diesem Heer von Erklärungsversuchen bezüglich der sie beherrschenden Grundauffassung drei mehr oder weniger scharf gesonderte Gruppen unterscheiden, Gruppen, denen je ein klassischer Vertreter seinen Stempel aufgedrückt hat.

Nach Rolando ist das Kleinhirn, das schon durch seinen lamellösen Bau an eine Voltasche Säule erinnert, eine »elektromotorische Maschine«, der Motor der Körperbewegungen und steht als solcher unter dem Einfluß des Großhirns, d. h. der von diesem ausgehenden Arbeit des Willens.

Flourens[1]) hält dagegen das Kleinhirn für das Organ der »Koordination« oder der »Regulierung«, also für den »Regulator der Bewegungen und Stellungen

[1]) Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés. Paris 1842.

Digitized by Google

des Körpers« und stützt diese Ansicht darauf, daß die Fähigkeit zu diesen Bewegungen und Stellungen sich, so lange das Kleinhirn unversehrt sei, nicht ändere, auch wenn man das Großhirn abgetragen habe.

Magendi[1]) endlich war der Meinung, das Kleinhirn stelle das Zentralorgan des Gleichgewichts des ruhenden und des sich bewegenden Körpers dar und faßte die Bewegungsstörungen, die nach Verletzung des Kleinhirns auftreten, als eine Art Taumel der Tiere auf, der im gestörten Gleichgewicht seine Ursache finde.

Wie Luigi Luciani in seiner ausführlichen Analyse der Literatur zeigt, ist es vorzugsweise Flourens' und Magendis Auffassung, der die überwiegende Mehrzahl der Forscher zustimmt, während Rolandos Lehre fast gänzlich in Vergessenheit geraten ist. Und Luigi Luciani findet das merkwürdiger Weise ganz in der Ordnung. Nicht als ob er sich damit der Auffassung Flourens und Magendis bedingungslos anschlösse, sondern um der »Exaktheit ihrer physiologischen Methode« (!) seine tiefe Reverenz zu bezeugen, im übrigen aber eine »ganz neue« Ansicht über die Funktion des Kleinhirns aufzustellen.

Diese auf Grund einer von bewunderungswürdigem Fleiß geleiteten und mit seltener Geduld und Ausdauer durchgeführten Arbeit gewonnene Ansicht lautet in Kürze folgendermaßen:

Eine weite und tiefe Zerstörung, ja sogar eine gänzliche Ausschaltung des Kleinhirns erzeuge weder partielle, noch allgemeine Paralyse der Sinne, der Bewegung (!), des Empfindens, Denkens und Wollens.

---

[1]) Précis élementaire de Physiologie. Paris 1825.

Digitized by Google

Es ergebe sich daraus, sagt Luciani, daß das Kleinhirn nebst allen seinen Dependenzen ein kleines, verhältnismäßig selbständiges und bis zu einer gewissen Grenze von dem großen Cerebrospinalsystem »unabhängiges« Organ und folglich nur ein »Anhängsel« dieses Systems, also etwas »ganz überflüssiges« sein müsse.

Dann fährt Luciani fort: »Das Kleinhirn ist ein funktionell bilateral, vorzugsweise aber direkt sich äußerndes Organ, während die Großhirnhemisphären auch bilateral, aber vorzugsweise in gekreuzter Richtung tätig sind.«

»Unsere Experimente veranlassen uns zu der Behauptung, daß der direkte und gekreuzte Einfluß der Kleinhirninnervation sich nicht auf die Muskeln beschränkt, die bei den verschiedenen Formen des Stehens und der Fortbewegung tätig sind, sondern auf alle willkürlichen Muskeln sich erstreckt, jedoch nicht in gleichem Grade auf die verschiedenen Muskelgruppen, sondern in vorwiegendem Maße auf die Muskeln der unteren und hinteren Extremitäten, wie auch auf die Streckmuskeln der Wirbelsäule.«

»Die Wissenschaft ist nicht imstande«, schließt Luigi Luciani, »diese ebenso wahre, wie dunkle Tatsache bezüglich der sie veranlassenden anatomisch-physiologischen Bedingungen zu erklären.«

Aus der Gesamtheit seiner Forschungen aber ginge hervor, daß der mittlere Kleinhirnlappen keine größere oder auch nur andere funktionelle Bedeutung hätte, als die Seitenlappen und daß die verschiedenen Kleinhirnsegmente sämtlich im allgemeinen »dieselbe« Funktion besäßen. Der Ausfall des Mittellappens könnte großenteils durch die Seitenlappen ergänzt, d. h. or-

Digitized by Google

ganisch kompensiert werden. Und im allgemeinen unterschieden sich die Ausfallserscheinungen, gleichviel ob die Kleinhirnverstümmelungen symmetrisch oder unsymmetrisch, begrenzt oder ausgedehnt wären, nicht ihrem Wesen oder ihren Eigenschaften nach, sondern einzig in ihrer Intensität, Ausbreitung und Dauer, sowie durch ihr mehr oder minder scharf ausgesprochenes Auftreten in den Muskeln der einen oder der anderen Seite.

Wollte man daher in den Grenzen der bisher gewonnenen Tatsachen verbleiben, solange neue geklärte experimentelle Ergebnisse unsere gegenwärtigen Kenntnisse nicht umwandelten, so könnte man das Kleinhirn »nicht« für einen Sammelort von unterschiedlich funktionierenden, also verschiedenen Zentren halten, indem jedes Segment desselben in inniger oder direkter Beziehung zu einer speziellen Muskelgruppe stünde und folglich für eine besondere Funktion bestimmt wäre. Alles führte vielmehr darauf, anzunehmen, daß das Kleinhirn ein funktionell »homogenes« Organ wäre und daß folglich jedes seiner Segmente keine andere Funktion besäße, als das ganze Organ und auch keine andere ausübte, als jedes der anderen Segmente.

»Jedes Segment kann daher den Ausfall der übrigen ersetzen, insofern seine natürlichen Beziehungen zu den zuleitenden Bahnen, auf denen es die Sinneseindrücke empfängt, oder zu den abgehenden Bahnen, auf denen es seinen Einfluß auf das übrige Zentralsystem geltend macht, nicht gestört sind.«

Endlich schreibt Luciani dem Kleinhirn trophische und erregende Einflüsse für das übrige Nervensystem zu, ähnlich wie sie die Spinalganglien besäßen, die gleichfalls nicht nur trophisch, sondern (nach Cyon) auch erregend auf die vorderen Wurzeln wirkten.

Digitized by Google

Somit ließe sich, meint Luciani, der Einfluß des Kleinhirns dahin zusammenzufassen, daß es trophisch, sthenisch, tonisch und statisch wirkte. Mit anderen Worten: Das Kleinhirn besitzt nach Luciani die ganz allgemeine, aber auch durch andere Teile des Zentralnervensystems ersetzbare Funktion, die Muskeln des Körpers in einem guten Ernährungszustand zu erhalten und sie mit Kraft, Spannung und Gleichgewicht zu versorgen.

Es unterscheidet sich also die »neue« Lehre Lucianis von der alten Rolandos, Flourens und Magendis nicht so sehr durch die »Neuheit« eines Prinzipes, oder eines grundlegenden Gedankens, oder einer Tatsache und Wahrheit, als vielmehr dadurch, daß das, was Rolando, Flourens und Magendi über den ganz allgemeinen und nicht einmal unentbehrlich sein sollenden Einfluß des Kleinhirns auf die Funktion der großen Körpermuskeln einzeln ausgesprochen haben, von Luciani zusammengefaßt und in seiner Allgemeinheit noch erweitert worden ist.

Es soll also nach Luciani das Kleinhirn nicht nur, wie Magendi meinte, entbehrlich, wie Rolando lehrte, die Quelle der Kraft, wie Magendi behauptete, die des Gleichgewichtes, sondern noch außerdem die des Tonus und der Ernährung sein, die eigentliche, wenn auch nicht allein fließende also auch nicht unentbehrliche, Kraftquelle der gesamten motorischen Körpermaschine.

Das ist Lucianis neue Lehre.

Wie die nächstfolgenden Blätter beweisen werden, können meine im Jahre 1900 begonnenen, inzwischen unterbrochenen und erst jetzt beendigten Untersuchungen sie nicht unterstützen.

Digitized by Google

Der Grund dieser Divergenz liegt darin, daß ich bei der Erforschung der Funktionen des Kleinhirns von durchaus anderen Vorstellungen über die physiologische Bedeutung dieses so mächtigen Organes ausgegangen bin, als es meine Vorgänger getan haben und die Richtigkeit meiner Voraussetzungen durch Versuchsanordnungen beweise, welche über die Irrtümer der früheren keinen Zweifel gestatten.

IV. Die Großhirnrinde als Organ der Seele.

Trägt man bei einem Kaninchen nach Entfernung der Schädeldecke von den bloßgelegten Hirnhemisphären soviel ab, als dem Messer überhaupt zugänglich ist, so zerstört man damit, wie die Sektion erweist, gerade die vorderen Hirnpartien der Großhirnhemisphären, also den größten Teil der Stirnlappen und folglich gerade diejenigen Teile des Großhirns, welche zur Muskelfunktion, d. h. zu den Körperbewegungen in Beziehung stehen.

Trotz dieser Zerstörung und Entfernung der die Körperbewegungen beherrschenden Sphäre der Großhirnrinde zeigt das Tier keine Einbuße in seiner Fähigkeit, sich zu bewegen.

Es bleibt vielmehr im Vollbesitz seiner normalen Muskelkraft und Muskelbeweglichkeit und ist, wenn es sich von dem schweren Eingriff der Operation erholt hat, in bezug auf den Gebrauch seiner Muskulatur von einem normalen Tier nicht zu unterscheiden.

Nur seine Psyche zeigt sich alteriert. Es sitzt in der ersten Zeit nach der Operation stumpfsinnig da, hat das Interesse an seiner Umgebung, an seinen Genossen, selbst am Futter, das sonst seine ganze Seele erfüllt,

Digitized by Google

verloren und bewegt sich nicht einmal mehr aus eigenem Antrieb, sondern nur dann, wenn es gestoßen, getrieben, gereizt wird. Kommt es aber erst einmal auf diese Weise in Bewegung, dann führt es dieselbe wie ein motorisch normales Tier aus, mit Sprüngen und Sätzen, ganz wie in gesunden Tagen. Aber es rennt die Wand an, die seinen Weg kreuzt. Und es fällt über den Rand des Tisches, auf den man es gesetzt hat.

Es kann das nur darauf beruhen, daß es die Wand nicht erkennt und sich seiner Lage auf dem Tische nicht bewußt wird, obgleich es beide, Wand und Tischkante, sieht. Denn die Seelenfelder des Gesichtes liegen in den hinteren Abschnitten der Großhirnhemisphären und diese sind von der Operation nicht getroffen worden. Befindet sich aber das Tier im Vollbesitz seines Sehvermögens und kann es, was es sieht, dennoch nicht erkennen, so muß es an einen psychischen Defekt und zwar an einem Defekt seiner Intelligenz leiden.

Es folgt hieraus, daß die Großhirnrinde reines Seelenorgan[1]), d. h. das Organ der rein psychischen Verrichtungen ist: des Empfindens und des Denkens, des Unterscheidens und des Wollens, daß es als solches zwar über allen Funktionen des Körpers thront und sie von den die einzelnen Funktionen beherrschenden Seelenfeldern aus dirigiert, den materiellen Bestand dieser Funktionen aber nicht gefährdet, wenn sie selbst erkrankt oder ihre Herrschaft aus der Hand legt.

Da die Bedeutung eines Seelenorganes mit der Entwicklung der Seele wächst und abnimmt, da das Seelenorgan die körperlichen Funktionen sich dienstbar macht, aber auf ihren materiellen Bestand keinen

[1]) Vgl.: Adamkiewicz, Die Funktionsstörungen des Großhirns. Berlin 1896, Hans Th. Hoffmann.

Digitized by Google

Einfluß hat, da endlich der Einfluß des Seelenorganes auf die körperlichen Funktionen mit der Stufe der geistigen Entwicklung des Besitzers des Seelenorganes abnimmt, so müssen Defekte des Seelenorganes des — geistig so niedrig stehenden — Kaninchens keine nachhaltigen Folgen für sein allgemeines Verhalten haben. Und es muß das stirnhirnrindenlose Kaninchen, wenn die Hirnrinde wirklich nur Seelenorgan ist, sich von dem nicht operierten Tiere nicht wesentlich unterscheiden.

In der Tat verhält sich das stirnhirnrindenlose Tier, sobald es sich von den Folgen der Operation erholt hat, schon nach zwei bis drei Tagen ganz wie ein gesundes. Es frißt und läuft, es rennt die Wand nicht mehr an und es fällt nicht mehr vom Tisch.

Das Großhirn und speziell seine Rinde hat also in der Tat mit der Bewegung direkt nichts zu schaffen. Und es folgt daraus mit absoluter Gewißheit, daß die Großhirnrinde nur Seelenorgan ist und folglich die wahren Zentren der Bewegung nicht enthält.

V. Das Kleinhirn als Zentrum der Bewegung.

Während die Abtragung des größten Teiles der Großhirnrinde, selbst desjenigen, welcher zur Körperbewegung seelisch in engster Beziehung steht, auf die Bewegung des Versuchstieres nicht den geringsten Einfluß ausübt, genügt die kleinste Verletzung des Kleinhirns, das operierte Tier des Gebrauches seiner Muskulatur gänzlich zu berauben.

Bohrt man an irgend einer beliebigen Stelle des das Kleinhirn bedeckenden Schädelknochens ein Knochenstückchen von auch nur wenigen Millimetern aus demselben heraus und zerstört man von dem auf diese Weise

Digitized by Google

bloßgelegten Kleinhirn auch nur ein ganz winziges Teilchen, so entfesselt man damit einen Sturm motorischer Phänomene, als ob im Bereich der Bewegungssphäre das losgebrochen wäre, was im Bereich der Gedanken der tobende Wahnsinn ist, — ein wahres Bewegungsbacchanal!

Es ist als ob die Zügel plötzlich gerissen wären, die unter normalen Verhältnissen die Gesamtmuskulatur des Körpers im Zaume halten. Und als ob nun jede einzelne der die Gesamtmuskulatur zusammensetzenden Muskelgruppen, von der physiologischen Fessel und jeder Rücksicht auf den Gesamtkörper befreit, zeigen wollte, was sie allein in entfesselter Freiheit zu vollbringen imstande sei, exzediert sie in der Entfaltung ihrer Stärke und zwingt nun den Körper, dem sonst zu dienen ihre Bestimmung ist, sich einmal ganz unter ihre Willkür zu beugen.

Die Augen zittern oder rollen wild im Nystagmus. Der Kopf wird nach hinten gezerrt, hebt sich mit der Schnauze weit ab vom Rumpf nach oben oder bewegt sich wie toll im Kreise. Die Hinterpfoten schlagen wild um sich. Und der Körper rollt wie besessen um seine Achse. Dabei vollführen Hals und Kopf halsbrecherische Drehungen noch auf eigene Rechnung. Sie kehren im wahren Sinne des Wortes das Unterste zu oberst, ziehen das Hinterhaupt zu Boden und die eine oder die andere Gesichtshälfte gegen den Himmel, während das Tier gleichzeitig durch Spreizung der Beine sich für diese Verrenkungskünste eine sichere Unterlage zu schaffen sucht. Wer diese Bewegungsekstase beobachtet, und sehen muß sie ein jeder, der sich mit Experimenten am Kleinhirn beschäftigt, der kann nicht anders als auf dieselben Gedanken kommen, welche Rolando, Flou-

Digitized by Google

rens und Magendi ausgesprochen haben. Nämlich, daß »das Kleinhirn zu dem Bewegungsmechanismus des Gesamtkörpers wichtige Beziehungen unterhalten müsse, da eine Schädigung des Kleinhirns die Bewegungsfunktion des Gesamtkörpers in Unordnung versetze«.

Welcher Art diese Beziehungen sind, darüber geben aber weder die Rolando-Flourens-Magendischen Kontroverse, noch Luigi Lucianis diese Kontroverse umfassende Meinung irgendwelche nähere Aufklärung. Und der ins Allgemeine sich verlierende Charakter dieser beiderseitigen Definitionen macht mehr den Eindruck eines Aufgebens, als einer Lösung der schwebenden Frage.

Das gilt insbesonders von Luigi Lucianis »neuer Lehre«. Setzt doch der Schöpfer dieser Lehre sein eigenes Werk durch die Behauptung wieder außer Kurs, daß das Kleinhirn, ein anatomisch so hervorragendes und an Masse nur noch vom Großhirn übertroffenes Organ, doch nur ein »Anhängsel« und dazu ein »entbehrliches« des cerebrospinalen Systems sei.

Und wie er durch die Behauptung, im Kleinhirn habe die Natur ein ebenso voluminöses als »überflüssiges« Organ geschaffen, die Natur selbst, die doch gerade im Zentralnervensystem auf die minutiöseste Ausnützung des Raumes bedacht ist, in die seltsame Lage bringt, sich selbst zu desavouieren, so setzt er sich mit seiner Ansicht, das Kleinhirn sei ein »homogenes« Organ und besäße daher in seinen einzelnen Teilen keine anderen Funktionen, als in seiner Gesamtheit, noch besonders zu der Lokalisationslehre in vollen Gegensatz, die eine der gesichertesten und mit jedem Tage mehr an Bedeutung gewinnenden Errungenschaften der Forschung ist und die daran nicht mehr zweifeln

Digitized by Google

läßt, daß die Natur jedem Teilchen des Nervensystems und zumal seines Zentralorganes besondere Funktionen verliehen habe.

Die Frage nach der Funktion des Kleinhirns kann also durch Lucianis Bemühungen nicht als gelöst angesehen werden. Und wenn ich daher im folgenden die Resultate mitteile, zu welchen mich meine eigenen Untersuchungen in dieser Frage geführt haben, so glaube ich, daß diese Mitteilung umso weniger als unzeitgemäß wird angesehen werden können, als die erhaltenen Ergebnisse zu dem bereits erwiesenen Prinzip der Lokalisation im Zentralnervensystem einen neuen Beitrag von besonderer Wichtigkeit liefern.

VI. Allgemeine Beziehungen zwischen Groß- und Kleinhirn.

Wie jeder Sturm, so legt sich auch der durch die Verletzung des Kleinhirns angeregte sehr bald. Nach einer viertel bis halben Stunde ist von demselben nichts mehr zu bemerken und das Tier wieder vollkommen ruhig.

Jetzt kehrt es entweder zur Norm zurück und ist nach einem Tage von einem gesunden nicht mehr zu unterscheiden. Das ist der Fall, wenn die ihm beigebrachte Verletzung sehr klein und in ganz bestimmter Weise ausgeführt worden war. Oder das Tier trägt eine dauernde nur auf bestimmte Muskeln beschränkte oder eine sich schnell über alle Muskeln ausdehnende Lähmung davon. Das erstere geschieht, wenn die Verletzung zwar ein kleines Gebiet einnimmt, aber dieses vollkommen zerstört, während das zweite stattfindet,

Digitized by Google

wenn sich die Verletzung über ein mehr als nur minutiöses Gebiet erstreckt hat.

Schon dieses Ergebnis ist von grundlegender Wichtigkeit. Die Entfernung der ganzen vorderen, der »Bewegungssphäre« gehörenden Partie der Großhirnrinde stört (beim Kaninchen) die Bewegungsfunktion nicht im geringsten.

Der kleinste Eingriff in die Integrität des Kleinhirns versetzt dagegen den ganzen Bewegungsapparat, die gesamte Muskulatur des Körpers zuerst in wilde Unruhe und dann in vollständige Lähmung.

Es folgt hieraus:

Das Kleinhirn beherrscht den Bewegungsapparat unmittelbar und direkt. Das Großhirn hat auf ihn nur mittelbaren und indirekten Einfluß.

Physiologisch heißt das:

Das Großhirn ist die psychische, das Kleinhirn die physische Quelle der Körperbewegungen. Jene regt die Bewegungen der Maschine geistig an und dirigiert sie, diese bringt diese Bewegung materiell hervor und hält das Werk im Gange.

Es ist hier demnach ein ähnliches Verhältnis gegeben, wie bei jeder gewöhnlichen Maschine. Auch bei dieser gibt es eine geistige und eine mechanische Quelle ihrer Arbeit. Die geistige wird durch den Maschinisten, die materielle durch den Kessel vertreten. Und wie das mechanische Werk nicht in Funktion tritt, wenn der Maschinist feiert und dieser nichts zu Wege bringt, wenn der Kessel defekt ist, so kommt auch die Körpermaschine nicht in Bewegung einerseits,

Digitized by Google

wenn das Großhirn versagt und das Kleinhirn von ihm keine Anregung erhält und anderseits wenn das Kleinhirn nicht in Ordnung ist und dann den Anregungen nicht folgt, welche ihm vom Großhirn aus erteilt werden.

Ist nun aber die Großhirnrinde der psychische, das Kleinhirn der motorische Herd der Bewegungen, dann folgt hieraus: 1. daß die Psyche, speziell ihr Willensimpuls auf dem Wege durch das Kleinhirn zu den Muskeln gelangt und 2., daß das Kleinhirn der eigentliche Herd der Körperbewegungen und folglich nicht nur kein »überflüssiger Appendix« ist, sondern im Gegenteil als ein integrierender, dem Großhirn koordinierter Teil des Zentralnervensystems angesehen werden muß.

VII. Lokalisation im Kleinhirn.

Als ein dem Großhirn koordiniertes Organ des Zentralnervensystems muß das Kleinhirn auch das physiologische Merkmal der Großhirns tragen. Und das physiologische Merkmal des Großhirns ist die Lokalisation, — die lokale Trennung seiner einzelnen Funktionen.

Nach der Ansicht aller maßgebenden Autoren von Rolando bis Luciani soll das Kleinhirn aber gerade im Gegensatz zur modernen Lokalisationslehre nur einen ganz allgemeinen Einfluß auf die Muskeln besitzen. Und Luciani, der letzte und gründlichste Erforscher des Kleinhirns, stellt ausdrücklich in Abrede, daß im Kleinhirn die Muskelfunktion irgendwie differenziert sei. Es sei, sagt er, nicht der Sammelort verschiedener Zentren, sondern ein funktionell »homogenes« Organ, an dem jedes Segment die Funktion

Digitized by Google

jedes anderen und des ganzen vertrete und dieses, wie jenes ersetzen könne. Und diese Funktion erstrecke sich auf alle willkürlichen Muskeln des Körpers zugleich und in gleicher Weise, besonders aber auf »die hinteren Extremitäten und die Strecker der Wirbelsäule«.

Die Wissenschaft, fügt Luciani seiner Lehre hinzu, sei nicht imstande, diese ebenso wahre wie dunkle Tatsache bezüglich der sie veranlassenden anatomisch-physiologischen Bedingungen zu erklären. Und es müsse deshalb seine Anschauung von den Funktionen des Kleinhirns so lange gelten, bis neue, geklärtere experimentelle Ergebnisse an Stelle der gegenwärtigen Kenntnis von der Bedeutung des Kleinhirns treten würden.

Dieser Zeitpunkt scheint mir gekommen zu sein.

Und ich will im folgenden zeigen, daß einerseits den bekannten und so vielfach beschriebenen Folgen experimenteller Eingriffe auf das Kleinhirn nicht diejenige Deutung zukommt, welche ihnen bisher gegeben worden ist, und anderseits daß sie von der Art der angewandten Methode abhängen und von dem gewöhnlichen Schema wesentlich abweichen, wenn man das bisher üblich gewesene Experimentier-Verfahren in bestimmter Weise ändert.

1. Allgemeine Lokalisation.

Schon eine genaue Beobachtung der auf die Verletzungen des Kleinhirns folgenden stürmischen Erscheinungen lehrt, daß ihr Bild kein stereotypes ist und gewisse mit dem Ort des Eingriffs wechselnde Nuancen aufweist.

So sieht man nach jedem nicht mit besonderen Kautelen ausgeführten gröberen Eingriff in das Klein-

Digitized by Google

hirn das Tier immer in gleicher Weise heftig mit den Pfoten den Boden schlagen, sich um die Längsachse wälzen und die Augen zuckend bewegen.

Dagegen macht man gleichzeitig die Beobachtung, daß die Rotierungen um die Körperachse nicht immer nach einer Seite, sondern bald nach rechts und bald nach links erfolgen und daß die Haltung des Rückens und namentlich auch die des Kopfes wechseln.

Einmal bleibt der Rücken des Tieres auch nach der Operation, wie unter normalen Verhältnissen, gekrümmt, ein anderes Mal hat er seine Krümmung verloren. In letzterem Fall erscheint das Versuchstier gestreckt, von abnormer Länge und schleicht wie eine Katze, statt wie ein gesundes Kaninchen mit gekrümmtem Rücken in kurzen Sätzen zu hüpfen. Besonders auffallend aber wechselt die Haltung des Kopfes. Einmal fällt er kraftlos vornüber und berührt mit der Schnauze den Boden, ein anderes Mal fällt der Kopf hintenüber und starrt mit der Schnauze gegen den Himmel. Oder er wird wie beim Torticollis mit der einen oder der anderen Gesichtshälfte scharf gegen den Boden gezogen, und die andere Gesichtshälfte schaut fast wagrecht nach oben. Endlich kommt es vor, daß der Kopf nach der Operation nicht eine bestimmte pathologische Stellung annimmt, sondern sich ohne Unterbrechung im Kreise dreht. Es liegt auf der Hand, daß wie der ganze Bewegungssturm, so auch jede einzelne Nuance eine ganz bestimmte Ursache haben muß. Und da die Erscheinungen, wie man bald herausbekommt, mit dem Ort des Eingriffs wechseln, so ergibt sich schon aus den angeführten Tatsachen, daß das Kleinhirn kein funktionell homogenes Organ sein kann.

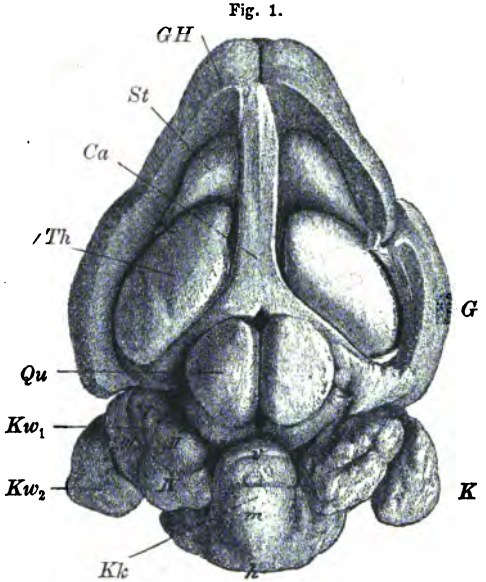
Digitized by Google

Ist das aber der Fall, dann heißt das nichts anderes, als daß es eine lokale Differenzierung der Funktionen, eine sogenannte »Lokalisation«, im Kleinhirn geben muß. Und da das Kleinhirn, wie wir bereits wissen, die Bewegungen anregt, so war anzunehmen, daß im Kleinhirn für die verschiedenen Muskelgruppen lokal getrennte Zentren existieren.

2. Anatomische Bemerkungen über das Kaninchen-Kleinhirn.

Bevor ich den Beweis führe, daß das in der Tat der Fall ist und bevor ich das Schema für die Lokalisation des Kleinhirns entwerfe, will ich vorher die

Fig. 1.



G Großhirn: *GH* Rest der entfernten Großhirnrinde, Seelenorgan; *St* Corpus striatum; *Th* Thalamus opticus; *Ca* Corpus callosum; *Qu* Corpora quadrigemina. *K* Kleinhirn, Bewegungsorgan; *Kk* Kleinhirnkörper; *Kw* Kleinhirnseitenwülste.

Digitized by Google

Anatomie des Kaninchen-Kleinhirns, soweit sie für unsere Zwecke in Betracht kommt, kurz skizzieren.

Das Kaninchen-Kleinhirn (Fig. 1) besteht aus fünf Teilen: dem eigentlichen Körper (*Kk*) und zwei Paaren seitlicher Anhängsel (Kw_1 und Kw_2).

Der Körper des Kleinhirns (*Kk*) ist ein voluminöses, vorne (*v*) schmäleres, nach hinten (*h*) sich verbreiterndes Mittelstück, das von parallelen Querfurchen durchzogen ist. Die beiden paarigen Seitenteile flankieren symmetrisch das wurmartige Mittelstück. Das vordere Paar (Kw_1) ist das voluminösere und bildet zwei im frontalen Querschnitt etwa dreieckig gestaltete und mit den Basen nach oben gekehrte Körper, während das hintere Paar (Kw_2) schmetterlingflügelartige Fortsätze bildet, die mit schmalen Wurzeln am Kleinhirnkörper hängen und mit drei Auszackungen des freien Randes nach unten und außen gekehrt sind. Sie sitzen in der Substanz des Felsenbeins und sind erst nach Zerstörung des Knochens dem Experiment zugänglich. Körper (*Kk*) und obere Seitenwülste (Kw_1) des Kleinhirns liegen dagegen frei in der Hinterhauptshöhle.

3. Experimentelles Verfahren.

Sie zu erreichen, verfährt man am besten in folgender Weise. Es werden die Nackenmuskeln von der Protuberantia occipitalis und der Crista occipitalis externa abgelöst. Nun kommt zu beiden Seiten der letzteren durch schmale Furchen von ihr und der Protuberantia getrennt jederseits eine ovale, mit der Längsachse zur Crista parallel gestellte Hervorwölbung der Hinterhauptsschuppe zum Vorschein. In der inneren Aushöhlung jedes derselben liegt je einer der beiden oberen Seitenwülste.

Digitized by Google

Um auf den Körper des Kleinhirns oder eine bestimmte Stelle desselben zu stoßen, hat man deshalb die Crista entsprechend anzubohren. Will man dagegen die Seitenwülste treffen, so hat man sich an die beiden ovalen Knochenhervorhebungen der Hinterhauptsschuppe zu halten. Bei einiger Übung wird man nicht nur immer die gewünschte Stelle des Körpers oder seiner oberen Seitenwülste finden, sondern auch die bei diesen Operationen gewöhnlich sehr profusen Blutungen leicht vermeiden.

Die übliche Methode zur Erforschung der Funktionen des Kleinhirns besteht bekanntlich darin, daß man ein größeres oder kleineres Stück desselben umschneidet und exstirpiert. Ob man nun den Körper des Kleinhirns oder eines seiner Seitenteile in der Ausdehnung von 3—5 *mm* in der angegebenen Weise zerstört und ob man diese oder jene Stelle für das Experiment benützt, immer folgt auf solchen Eingriff jener wilde Ausbruch krampfhafter Bewegungen, welchen ich früher bereits genauer geschildert habe und der vorzugsweise im Schlagen des Bodens mit den Hinterpfoten, im Wälzen des Tieres um die Längsachse, in Verdrehungen seines Kopfes und nystagmusartigen Zuckungen seiner Augen beruht.

4. Beurteilung der allgemeinen Experimentalergebnisse.

Wer aus der Gleichförmigkeit dieses Ergebnisses des Experimentes, an welcher Stelle des Kleinhirns es auch immer vorgenommen wird, mit Luciani den Schluß ziehen wollte, das Kleinhirn sei ein »funktionell homogenes« Organ, der würde denselben Fehler begehen, in welchen derjenige verfällt, welcher aus dem Umstande, daß eine schwere Verletzung ebenso der Nieren, wie der

Digitized by Google

Lungen, des Herzens, wie des Gehirns den Tod herbeiführt, den Schluß ziehen wollte, Niere und Lunge, Herz und Gehirn sind »funktionell gleichwertige« Organe.

Wie der Gesamtorganismus, der Körper, des physiologischen Zusammenwirkens aller ihn zusammensetzenden Hauptorgane bedarf, um zu leben, so bedarf jedes seiner Organe, um seiner Spezialaufgabe gerecht zu werden, des Zusammenwirkens wieder aller einzelnen dieses Organ zusammensetzenden Bestandteile.

Und wie die Erscheinungen, unter welchen das Leben zusammenbricht, immer dieselben sind, gleichgültig, welches der Hauptorgane seinen Dienst versagt, weil es schließlich immer am Verlöschen der Funktionen des verlängerten Markes, des eigentlichen Zentrums des Lebens, zugrunde geht, so bricht auch die Funktion eines jeden einzelnen Organes, gleichgültig an welcher Stelle sein Räderwerk zerstört wird, unter dem stets stereotypen Bilde zusammen, welches die plötzliche Unterbrechung des ganz bestimmten Einflusses dieses Organes auf die Gesamtfunktion des Körpers hervorbringt. Die Störung, welche der experimentelle, also gewaltsame Eingriff in eines der Organe des Körpers auf die Gesamtfunktion des letzteren hervorbringt, ist demnach nicht ein Ausdruck der Funktionsausschaltung des zerstörten Teiles im verletzten Organe, sondern der Ausdruck der Ausschaltung des ganzen, wenn auch nur teilweise verletzten, Organes aus der Gesamtheit der Funktionen. Und nur das Übersehen dieses gewichtigen Umstandes konnte zu dem verhängnisvollen Irrtum führen, die Gleichartigkeit der Erscheinungen bei Verletzungen des Kleinhirns von verschiedenen Stellen dieses Organes aus für den Beweis einer »funktionellen Homogenität aller seiner Teile« zu halten.

Digitized by Google

Kein anderer, als Flourens selbst, der berühmte Hirnphysiologe und Entdecker des Nœud vital, ist bezüglich des Großhirns das Opfer eines gleichen Irrtums geworden. Und Luciani, sein Bewunderer, ist ihm bezüglich des Kleinhirns in diesem Irrtum gefolgt. Und nichts ist bezeichnender für die Fundamente, auf welchen sich mancher Ruhm gründet, als der Umstand, daß Flourens gerade seinem Irrtum sowohl den Preis der Pariser Akademie, als auch den Ruf eines großen Physiologen und die schwärmerische Anerkennung Lucianis zu danken gehabt hat.

Die preisgekrönte Lehre Flourens, daß das Großhirn in seiner Gesamtheit die Gesamtleistung der Seele besorge und daß diese Gesamtleistung in demselben Verhältnis Abbruch erfahre, als die Integrität der Großhirnhemisphären materiell leide »gleichgültig an welcher Stelle«: — kurz die Lehre Flourens von der »Homogenität oder funktionellen Gleichförmigkeit der Großhirnhemisphären« hat in der modernen Lokalisationslehre ihre Widerlegung gefunden. Und die folgenden Blätter werden beweisen, daß auch das Kleinhirn kein »funktionell homogenes« Organ ist, sondern gleichfalls einem Prinzip unterworfen ist, welches in der »Lokalisation« des Großhirns gleichsam sein physiologisches Vorbild findet.

Schon eine genauere Analyse des bei jeder gröberen Verletzung des Kleinhirns hervorbrechenden Bewegungssturmes läßt die lokale Differenzierung der Funktionen im Kleinhirn erkennen.

Seine scheinbare Gleichförmigkeit trotz wechselnder Örtlichkeit der ihn veranlassenden Läsionen ist zunächst physiologisch leicht verständlich.

Digitized by Google

Das Kleinhirn bringt die Körperbewegungen hervor, wie der Motor die Bewegung der Maschine. Die Körperbewegungen bilden einen Komplex verschiedenartigster Bewegungkomponenten. Für jede Einzelbewegung hat die Maschine einen besonderen maschinellen Handgriff. Das Kleinhirn muß daher gleichfalls soviel Zentren enthalten, als es Einzelbewegungen am Körper gibt. In allen Zentralorganen des Nervensystems sind die in ihnen enthaltenen Zentren durch Nervennetze miteinander verbunden, die nicht nur die Zentren untereinander in Verbindung setzen, sondern auch die Kräfte der im aktiven[1]) Zustand geladenen Zentren untereinander physiologisch ausgleichen.

Diesem Ausgleich ist die physiologische Kompensation der Zentren untereinander und so das physiologische Gleichgewicht des ganzen von ihnen beherrschten Systems während der physiologischen »Ruhe« zu verdanken.

Es ist leicht verständlich, wie die Unterbrechung der Kontinuität des intrazentralen Nervennetzes die Kompensation der Zentren und folglich auch das Gleichgewicht des von ihnen beherrschten Systems aufheben und, wenn dieses System das der Körpermuskulatur ist, eine Bewegungsekstase der von der Kompensation befreiten Muskelgruppen hervorbringen muß. Sind die Zentren sehr zahlreich und das Nervennetz sehr dicht, so muß der Effekt einer durch Zerreißung des Netzes hervorgerufenen Kompensationsstörung des Systems ziemlich derselbe bleiben, an welcher Stelle auch immer das Netz eine Läsion erfahren hat.

[1]) Vgl.: Adamkiewicz, Das aktive und das inaktive Ich, — seine Verbindung und seine Dissociationen. Zeitschrift für klinische Medizin. Bd. XLII, Berlin 1901.

Digitized by Google

Denken wir uns ein Netz sich kreuzender Stricke, deren Enden immer von zwei gleich kräftigen und mit gleicher Kraft arbeitenden Männern angezogen werden, so müssen alle im System wirkenden Zugkräfte kompensiert sein und das System sich in Ruhe befinden. Reißt ein oder reißen mehrere Stricke, dann ist das Gleichgewicht der sich gegenseitig kompensierenden Kräfte aufgehoben. So kommt Bewegung ins System infolge einer Zerstörung.

Der Grad dieser Bewegung wird von dem Orte und der Größe der Zerreißung abhängen. Er wird um so größer sein, je größer und je näher einem Kreuzungspunkt von Stricken, und umgekehrt um so geringer, je kleiner und je entfernter von einem solchen Kreuzungspunkt die Zerreißung sein wird. Und es gibt sehr viele Stellen in einem solchen System, an welchem gleich große Zerstörungen gleiche Effekte hervorbringen.

Die große Gleichförmigkeit in den Erscheinungen einer Kompensationsstörung der Zentren des Kleinhirns bei lokal differenten Läsionen dieses Organes hat ihren Grund demnach in der Anordnung der die Zentren untereinander verbindenden Netze, gibt aber weder einen Einblick in die Funktion der einzelnen das Kleinhirn zusammensetzenden Zentren, noch ist sie ein Beweis der Gleichartigkeit des Ganzen, seiner einzelnen Teile oder beider untereinander.

Ich bin aber im Verlauf meiner Experimente noch auf eine zweite, viel einfachere Erklärung der eigentümlichen Bewegungsekstase gekommen, die die Verletzungen des Kleinhirns regelmäßig hervorrufen.

Durch die Verletzung des Kleinhirns wird das Tier des natürlichen Gebrauches der einen oder der

Digitized by Google

anderen Muskelgruppe beraubt. Es kann sich in die dadurch hervorgerufene körperliche Indisposition natürlich nicht sogleich finden, wird beunruhigt und versucht die vorhandene Störung durch unzweckmäßigen Gebrauch der gesund gebliebenen Muskelgruppen zu überwinden. Solche Versuche mißlingen natürlich. Und dieses Mißlingen versetzt das an sich schon beunruhigte und verstörte Tier in noch größere Aufregung. Nun schlägt es um sich, stürzt hin, wälzt sich am Boden und gerät in immer heftigere Ekstase. Der durch die Eingriffe in das Kleinhirn hervorgerufene Sturm von Bewegungen ist so zum ansehnlichen Teil psychischen Ursprungs und wird durch die vergeblichen Versuche der Tiere, die durch die Eingriffe hervorgerufenen Lähmungen durch gesunde Muskeln zu kompensieren und die weiteren Konsequenzen solcher erfolgloser Bemühungen veranlaßt.

Der auf jede gröbere Verletzung des Kleinhirns sich einstellende Bewegungssturm ist auch nur scheinbar immer der gleiche. Schon ein eingehendes Studium seiner Besonderheiten weist mit Bestimmtheit auf eine lokale Differenzierung der Funktionen im Kleinhirn hin.

Es lassen sich zwei Grundtypen seines Verlaufes unterscheiden.

1. Das Tier vermag sich auf den Hinterpfoten nicht zu halten und knickt bei Geh- und Laufversuchen mit den Hinterpfoten ein. War die Läsion nur klein, so geht dieser Zustand vorüber. War sie dagegen groß, so nimmt er zu. Und das Unvermögen des Tieres, sich der Hinterpfoten zu bedienen, wächst. Kann es gar nicht mehr auf den Hinterpfoten stehen, so fängt es gewaltig an, mit denselben zu schlagen.

Digitized by Google

Es pflegt dann der Zustand der Hinterpfoten auf die vorderen überzugehen. Dann liegt das Tier auf der Seite, bewegt aber alle vier Pfoten, ohne sich derselben zum Tragen des Körpers, geschweige denn zum Stehen, zum Gehen oder zum Laufen bedienen zu können. Da die Pfoten in diesem Zustand der Quadruplegie sich nicht nur bewegen, sondern auch schlagen und dabei eine große Kraft entwickeln, so beruht derselbe offenbar darauf, daß die vollzogene Operation am Kleinhirn dem Tiere nicht die grobe Kraft der Muskeln, sondern nur die Fähigkeit raubt, sich dieser Muskeln zweckmäßig zu bedienen.

Es kommt somit der Zustand des durch Verletzung des Kleinhirns quadruplegisch gemachten Tieres in der menschlichen Pathologie der Tabes gleich, die gleichfalls dem Kranken die volle Kraft seiner Muskeln läßt, ihn dagegen im steigenden Grade der Fähigkeit beraubt, sich seiner Gliedmaßen zu bedienen. Auch führt die fortgeschrittenste Tabes gleichfalls zur Paraplegie. Endlich sind beide Zustände darin einander ähnlich, daß sie nicht restitutionsfähig sind.

2. Auf die jedem Eingriff ins Kleinhirn folgende Parese der Hinterpfoten stellt sich weder Restitution, noch Quadruplegie, sondern ein gewissermaßen zwischen beiden in der Mitte stehender Zustand ein. Nach vergeblichen Versuchen, sich auf den Hinterpfoten aufrecht zu erhalten, kommt eine der beiden angegriffenen Hinterpfoten wieder zu sich. Nun knickt das Tier nur auf einem, dem schwach gebliebenen, Hinterbeine ein und bewegt sich dann mit seinen drei kräftig gebliebenen Pfoten fort. Dieser Zustand bleibt entweder ein dauernder, oder er wird gleichfalls progressiv und nimmt dann folgenden Verlauf.

Digitized by Google

Auf derselben Seite, auf welcher die Hinterpfote krank geblieben ist, wird nun auch die Vorderpfote schwach. Und es folgt auf die anfängliche Paraplegie eine Hemiplegie. Nun fällt das Tier bei Geh- und Sprungversuchen nicht mehr auf den Hinterkörper, sondern auf diejenige Körperseite, welche den beiden schwachen Pfoten entspricht. Dadurch kommen die gesunde Körperseite und deren beide gesunde Pfoten nach oben zu liegen. Und bei Versuchen, sich aufzurichten, schlagen diese Pfoten gegen den Boden. Dieses Schlagen ist gleichzeitig ein Abstoßen des Körpers vom Boden. Und da der Boden der feste Punkt, der Körper des auf der gelähmten, hemiplegischen Seite liegenden Tieres der bewegliche Teil ist, so fällt das Tier über seinen Rücken nach der kranken Seite hin und kommt ins Rollen um seine Längsachse. So entstehen die eingangs geschilderten Achsendrehungen und Rollbewegungen der Tiere.

Aus dieser Beschreibung ist gleichzeitig ersichtlich, wie das Tier nach rechts rollen muß, wenn es durch die Kleinhirnverletzung rechtsseitig, und nach links, wenn es durch sie linksseitig hemiplegisch geworden ist.

Kommt das Rollen zum Stillstand, was gewöhnlich nach kurzer Zeit, einer Viertel- bis einer halben Stunde, eintritt, so bleibt das Tier zuletzt immer auf der kranken Seite liegen. Und so groß bleibt das Beharrungsvermögen des Tieres für diese Lage, daß es sie mit großer Kraft festhält und daß, wenn man das Tier mit Gewalt auf die gesunde Seite legt, es sich sofort wieder auf die kranke wendet.

Aus diesen Bewegungsstörungen ergeben sich für die Funktion des Kleinhirns zwei sehr wichtige Schlüsse.

Digitized by Google

1. Aus dem Umstand, daß Verletzungen des Kleinhirns Lähmungen isolierter Muskelgruppen hervorbringen, ergibt sich, daß es im Kleinhirn isolierte Zentren für einzelne Muskelgruppen, d. h. eine Lokalisation der Muskelgruppen geben muß und

2. aus der Tatsache, daß die infolge von Verletzungen des Kleinhirns der Lähmung verfallenden Muskelgruppen ihre elementare Beweglichkeit und ihre Kraft beibehalten, folgt, daß das Kleinhirn zwar die physiologischen Zentren der einzelnen Bewegungen, nicht aber die Kraftquelle für die Muskelfunktion enthalten kann.

Das Kleinhirn ist also weder ein Motor im Sinne Rolandos noch wirkt es als eine sthenische Kraftquelle im Sinne Lucianis, sondern es muß der Sammelort von physiologischen Zentren sein, welche die die einzelnen komplizierten Bewegungen hervorbringenden Muskelgruppen innervieren.

Im großen Bewegungsmechanismus, der an der Großhirnrinde beginnt und in den Körpermuskeln endet, vertritt demnach das Kleinhirn die Rolle der Klaviatur, deren einzelne Tasten die funktionell zusammenwirkenden Muskelgruppen beherrschen und auf Geheiß des Großhirns zu den von diesem gewollten und von der Körpermuskulatur ausgeführten Bewegungen anregen.

5. Spezielle Lokalisation.

Nun kam es darauf an, die Lage dieser einzelnen Tasten und ihre Bedeutung genau und exakt festzustellen. Ich habe an dieser überaus schwierigen Feststellung mehrere Jahre gearbeitet, bevor ich mit ihr ins Klare gekommen bin.

Digitized by Google

An den oben beschriebenen beiden Typen von Phänomenen, die nach experimentellen Verletzungen des Kleinhirns eintreten, lassen sich bereits vier verschiedene Lähmungen isolieren.

1. Eine isolierte Lähmung beider Hinterpfoten (Paraplegie),

2. eine Lähmung beider Hinter- und beider Vorderpfoten (Quadruplegie),

3. eine isolierte Lähmung einer einzelnen Hinterpfote (Monoplegie) und

4. eine Lähmung einer Hinter- und einer Vorderpfote (Hemiplegie).

Aus dem durch die experimentellen Eingriffe auf das Kleinhirn hervorgerufenen Gewirr von Erscheinungen mußte zunächst durch systematischen Wechsel des Ortes des Eingriffes die Abhängigkeit der Erscheinungen von der Stelle der Verletzung festgestellt und aus dieser die spezielle Lokalisation des Kleinhirns abgeleitet werden. Ich habe gefunden, daß die Lähmung der gleichen Extremitäten, also der beiden Hinterpfoten allein oder der beiden Hinterpfoten und der beiden Vorderpfoten zugleich, durch Verletzungen des Körpers des Kleinhirns, dagegen die Lähmung der einen Hinterpfote allein oder der einen Hinterpfote und der einen und gleichseitigen Vorderpfote durch Verletzungen eines der beiden oberen Seitenwülste, und zwar immer des gleichseitigen hervorgerufen wird.

Schon hieraus folgt: Der Körper des Kleinhirns enthält die Zentren für die beiden gleichartigen, jedes der beiden oberen Seitenwülste die Zentren für die beiden gleichgelegenen Extremitäten.

Digitized by Google

Nach diesem Ergebnis war es mir nicht mehr zweifelhaft, daß es eine Lokalisation auch einzelner Bewegungszentren im Kleinhirn geben müsse und daß es lediglich Sache einer feineren Experimentiertechnik sei, auch noch diese exakt nachzuweisen.

Aufgabe einer solchen Technik war es, die stürmischen Kompensationsstörungen, die, wie wir gesehen haben, mit dem Orte der Verletzung nur wenig wechseln und also für die Lokalisation wenig verwertbar sind, möglichst zu vermeiden und dafür möglichst reine Effekte, d. h. isolierte Lähmungen hervorzurufen.

Da nun, wie ich gleichfalls bereits gezeigt habe, die stürmischen Kompensationsstörungen weniger vom Orte der Verletzung als von deren Größe abhängen, so glaubte ich, meinen Zweck am besten zu erreichen, wenn ich vor allem die experimentelle Verletzung auf ein Minimum beschränken und also mit minimalen Läsionen vorgehen würde.

Ich verfuhr zu diesem Zwecke in folgender Weise: Nachdem die Schuppe des Hinterhauptes von Muskeln entblößt war, eröffnete ich den Knochen an der erforderlichen Stelle durch einen sehr feinen Trepan, befreite das Kleinhirn von der Dura, senkte eine feine Lanzette, wie sie zu Augenoperationen benützt wird, senkrecht zur Oberfläche in die Substanz des Kleinhirns und schob sie so weit in die Tiefe vor, bis eine Zuckung des Gesamtkörpers des Versuchstieres den Augenblick anzeigte, da ein motorisches Zentrum getroffen war. Nun wurde die Lanzette wieder herausgezogen und die Wirkung der durch sie hervorgerufenen minimalen Verletzung festgestellt.

Digitized by Google

In der Tat blieben bei diesem Vorgehen die sonst bei Eingriffen in das Kleinhirn regelmäßig hervorbrechenden stürmischen Bewegungserscheinungen aus, also gerade diejenigen Phänomene, welche früher die einzige Quelle für die Beurteilung der Kleinhirnfunktionen abgegeben haben. Und dieses Fortbleiben der bekannten Erscheinungen beweist, daß letztere nicht die gesuchten Folgen der Eingriffe darstellen, sondern nur nebensächliche und bedeutungslose Begleiterscheinungen derselben sind.

Dagegen folgten auf die minimalen Läsionen regelmäßig von dem Ort derselben abhängige isolierte Funktionsstörungen im Bereich der Motilität. Sie führten zu folgenden Resultaten:

A. Obere Seitenwülste (Fig. 1 *Kw*).

Um zunächst über die Bedeutung der oberen Seitenwülste für die Bewegung ins Klare zu kommen, teilte ich deren Oberfläche in vier Quadranten *(I, II, III* und *IV)* und stellte fest, welche Bewegungsstörung die geschilderte Art der Verletzung in jedem dieser vier Quadranten hervorrief.

1. Vorderpfote.

Einstich in den äußeren oberen Quadranten *(I)* bringt die gleichseitige Vorderpfote in Abduktionsstellung. Und diese Stellung behält das Tier auch bei der Fortbewegung bei, zum Beweise, daß die Abduktoren geschwächt sind. Aber die Schwächung der Vorderpfote bleibt nicht auf die Abduktoren beschränkt. Bald sieht man, wie die Pfote derselben Extremität beim Gehen umknickt und statt mit dem Ballen aufzutreten,

Digitized by Google

mit dem Rücken der umgekehrten Pfote am Boden hinschleift. Es folgt hieraus, daß sich an die Lähmung der Abduktoren Schwäche der Zehenextensoren anschließt. Denn das zuletzt geschilderte Lähmungsphänomen kann nur durch Uberwiegen der Flexoren über die gelähmten Extensoren hervorgerufen werden.

Leichte Paresen dieser Art gehen schnell vorüber, und das operierte Tier wird wieder ganz normal.

Will man die Parese der Vorderpfote festigen und zu einer dauernden machen, dann ist es erforderlich, den einmal gemachten Einstich mit Vorsicht und Akkuratesse zu wiederholen. Auf diese Weise gelingt es, Versuchstiere zu erhalten, die an einer chronischen Parese einer Vorderpfote leiden und auf dieser Vorderpfote hinken.

Verfährt man dagegen bei diesem Versuch nicht mit der gehörigen Vorsicht, dann folgt wieder der bekannte Sturm und auf denselben eine Hemi- oder Quadruplegie.

Diese Versuche beweisen, daß im äußeren oberen Quadranten *(I)* jedes der beiden oberen Seitenwülste das motorische Zentrum der gleichseitigen Vorderpfote liegt.

2. Hinterpfote.

Eine isolierte Parese jeder der beiden Hinterpfoten erhält man, wenn man die beiden unteren Quadranten *(III* und *IV)* des gleichseitigen oberen Seitenwulstes in der geschilderten Weise einsticht. Das Tier knickt mit der betreffenden Hinterpfote ein oder schleppt sie nach. Und die Wirkung bleibt dieselbe, an welcher Stelle auch immer die bezeichneten Quadranten getroffen werden.

Digitized by Google

Es folgt hieraus, daß das Zentrum jeder Hinterpfote die ganze untere Hälfte der gleichgelegenen oberen Seitenwülste und also einen doppelt so großen Raum als das der Vorderpfote einnimmt.

Dieser Umstand erklärt es, daß fast jedem Eingriff auf einen der beiden oberen Seitenwülste Lähmung der gleichseitigen Hinterpfote folgt, und daß es weit leichter ist, Hemiplegie als isolierte Paresen (Monoplegie) und zumal eine solche einer Vorderpfote hervorzubringen.

In jedem Falle lehren diese Versuche, daß die untere Hälfte der beiden oberen Seitenwülste die Zentren für die Bewegung der entsprechenden Hinterpfote enthalten.

3. Rotatoren des Kopfes.

Zwischen dem Zentrum der Vorderpfote und dem der Hinterpfote und in nächster Nachbarschaft von dem letzteren etwa am äußeren Ende der Trennungslinie zwischen *I* und *III* liegt das Zentrum desjenigen Muskels, welcher den Kopf nach seiner Seite zieht oder dreht. Denn die Zerstörung der bezeichneten Stelle hat zur Folge, daß der Kopfdreher der entgegengesetzten Seite überwiegt und den Kopf nach der entgegengesetzten Seite zieht. Dadurch wird die der Operationsseite entsprechende Gesichtshälfte zu Boden, die andere nach oben gezogen und in dieser sonderbaren Stellung krampfhaft festgehalten.

Zuweilen gelingt es auch, dieses Zentrum ganz isoliert zu treffen. Dann wird die geschilderte Kopfhaltung eine chronische. Und das Tier kann in seinen sonstigen Funktionen vollkommen unbehindert lange Zeit mit seinem chronischen Torticollis am Leben erhalten werden.

Digitized by Google

4. Gesichts- und Augenmuskeln.

Mit der eben beschriebenen Kopfhaltung geht eine Lähmung des Schließmuskels des Augapfels der operierten Seite einher. Das Tier kann die Lidspalte auf der operierten Seite nicht mehr willkürlich öffnen. Und öffnet man sie künstlich, so starrt einem der Augapfel unbeweglich und tief in die Orbita eingesunken entgegen. Offenbar ist also mit dem Zentrum des bezeichneten Rotators auch noch das des Oculomotorius der operierten Seite getroffen worden. Aber nicht nur der Oculomotorius, auch der Facialis erscheint nach der erwähnten Operation gelähmt, da die ganze Gesichtshälfte auf der operierten Seite starr und unbeweglich geworden ist.

Das Auge auf der nicht operierten Seite kann sich dagegen gut schließen, ist aber gleichfalls nicht vollkommen normal. Es ist auffallend protrudiert und so stark nach innen und oben rotiert, daß die Cornea unter dem oberen Augenlid zum großen Teil verschwindet und ein abnorm großer Abschnitt der unteren Sklerahälfte zum Vorschein kommt. Es handelt sich hier offenbar um eine Lähmung des Trochlearis und also den fehlenden Zug nach innen und unten.

Daraus folgt, daß sich in der Nähe der Zentren der Hinterpfote und der Rotatoren des Kopfes auch noch die Zentren des Facialis und des Oculomotorius derselben Seite und des Trochlearis der anderen Seite befinden, die aber des minimalen Raumes wegen, auf welchen sie zusammengedrängt sind, sich nicht, wenigstens beim Kaninchen-Kleinhirn, isoliert treffen und experimentell von einander trennen lassen.

Digitized by Google

B. Kleinhirnkörper (Fig. 1 *Kk*).

Ich teile mir das Mittelstück des Kleinhirns zum Zweck der Erforschung seiner Funktionen in drei hinter einander gelegene Abschnitte, einen vorderen *(v)*, an die Corpora quadrigemina anstoßenden, einen hinteren *(h)*, dem Boden des vierten Ventrikels angrenzenden und einen mittleren *(m)* zwischen beiden gelegenen.

Die beschriebenen Einstichversuche haben folgendes ergeben.

Wird der vordere Abschnitt getroffen, so sieht man das Versuchstier nach kurzer Zeit an beiden Vorderpfoten müde werden, zusammenknicken und mit der Brust zu Boden sinken.

Nach einiger Zeit erholt es sich, richtet sich mit den Vorderpfoten auf und läuft wieder eine kurze Strecke vorwärts. Entweder geschieht das in gerader Richtung oder im Kreise. Letzteres findet statt, wenn eine der beiden Vorderpfoten schwächer geworden ist als die andere. Das Tier läuft dann kreisförmig in der Richtung zur kranken Pfote. Von Zeit zu Zeit verliert die schwächere Pfote ihre Kraft ganz und knickt ein, das Tier sinkt dann mit der entsprechenden Seite des Vorderkörpers zu Boden, um sich dann wieder aufzurichten und weiter zu rennen.

Das ist der Fall, wenn ein einzelner Einstich die Parese hervorgerufen hat. Vergrößert man aber die Läsion, so treten die bekannten schweren Erscheinungen auf, die mit vollkommener Lähmung aller vier Extremitäten enden.

Unter den schweren Erscheinungen der Läsion lenkt eine die besondere Aufmerksamkeit auf sich. Das Tier

Digitized by Google

bewegt den Kopf unaufhörlich im Kreise. Ich erkläre mir diese Erscheinung so, daß die Verletzung des vorderen Drittels des Mittelstückes auch die Strecker des Nackens schwächt oder ganz lähmt.

Im ersten Falle sinkt der Kopf vermöge seiner Schwere nach vorn hinüber und bis zum Boden. Das Tier hebt ihn wieder, um ihn aber bald wieder sinken zu lassen, da die Nackenmuskeln ihn nicht tragen können. Das Heben des Kopfes geschieht mit Hilfsmuskeln, da die Strecker selbst zu schwach sind. Daher wird der immer wieder herabsinkende Kopf immer wieder im Bogen erhoben. Und so entstehen die sonst rätselhaften Drehungen des Kopfes um die Achse des Halses.

Im vorderen Drittel des Mittelstückes liegen demnach Zentren für beide Vorderpfoten und Zentren für die Muskeln des Nackens, speziell die Heber oder Strecker des Kopfes.

Beim Einstich in das hintere Drittel *(h)* hören die Tiere auf, sich in der für Kaninchen charakteristischen Weise durch Sprünge fortzubewegen und sich mit den beiden Hinterpfoten vom Boden abzustoßen. Sie schleichen vielmehr schwerfällig nach vorwärts, wobei sie die Hinterpfote alternierend und langsam nach vorwärts ziehen. Auch dieses Fortschreiten gelingt schließlich nicht mehr. Anfangs sinkt das Becken bald auf der einen, bald auf der anderen Seite ein. Später fällt das Tier mit dem Hinterkörper bald auf die rechte, bald auf die linke Seite. Und schließlich kann es sich seiner Hinterpfoten überhaupt nicht mehr bedienen. Es streckt sie weit nach hinten von sich und obgleich es sie nicht mehr gebraucht, so erteilt es doch mit denselben dem Boden starke Schläge. Beweis, daß die Hinterpfoten gebrauchsunfähig geworden sind, ihre Be-

Digitized by Google

weglichkeit und grobe Kraft aber nicht eingebüßt haben, was die schon gemachte Angabe bekräftigt, daß das Kleinhirn wohl die physiologischen Zentren der Bewegung, nicht aber die Quelle ihrer Kraft enthält. Im hinteren Abschnitte des Kleinhirnkörpers liegen jedenfalls die Zentren für die Hinterpfoten.

Einstich in das mittlere Drittel *(m)* des Kleinhirnkörpers beraubt das Tier der Fähigkeit, sich aller vier Pfoten zu bedienen. Die daraus resultierenden Tatsachen sind ungemein interessant und belehrend. Das Tier sinkt nicht mehr wie beim Einstich in das vordere Drittel auf die Brust, auch nicht mehr, wie bei Einstichen in das hintere Drittel auf den Beckenteil, sondern platt auf den Bauch. Es kann sich noch anfangs unter starken Schwankungen des Körpers, wobei es die Pfoten gespreizt und breitspurig mit den Krallen in den Boden einsetzt, unter sehr großen Anstrengungen forthelfen. Dann verliert der normal nach dem Rücken zu konvex gekrümmte Körper seinen Bogen, streckt sich in die Länge und sinkt schließlich nach innen ein. Offenbar müssen also außer den Extremitätenmuskeln auch noch die den Rücken krümmenden Muskeln gelähmt werden. Bald hört auch die geschilderte Fortbewegung auf und die vier Pfoten machen, wie jeder höheren physiologischen Direktive entzogen, zweck- und wirkungslose Bewegungen, etwa so, wie ein Mensch, der sich mit dem Bauch auf einem Stuhl legt und Ruder- oder Schwimmbewegungen ausführt.

Endlich tritt vollständige Quadruplegie ein. Aber auch jetzt bleibt, wie geschildert wurde, den gebrauchsunfähigen Extremitäten Beweglichkeit und Kraft der Muskeln erhalten.

Digitized by Google

Im mittleren Abschnitt des Körpers des Kleinhirns liegen demnach die Zentren für alle vier Extremitäten und für die Beuger der Wirbelsäule.

Der Körper des Kleinhirns enthält also im vorderen Drittel die Zentren für die beiden Vorderpfoten und für die Nackenmuskulatur, speziell die Strecker des Kopfes; im mittleren Drittel die Zentren für alle vier Pfoten und die Muskeln des Rückgrates, speziell die Beuger desselben und im hinteren Drittel die Zentren für die Hinterpfoten.

Fasse ich das Ergebnis vorstehender Untersuchungen zusammen, so lehrt dasselbe folgendes.

Das Kleinhirn ist das direkt wirkende nervöse Zentralorgan der gesamten Bewegungsfunktion des Körpers. Es ist das Organ der physiologischen Bewegungsinnervationen, — der Sammelort aller Zentren, von denen aus die funktionell zusammengehörigen Muskelgruppen ihre unmittelbare Anregung erhalten, also das eigentliche und besondere Zentralorgan der Bewegung.

In diesem Organ sind alle Zentren aller willkürlichen Bewegungen enthalten. Jedes versorgt eine komplexe Bewegungsfunktion und hat im Kleinhirn seine besondere Lage.

Beim Kaninchen enthält der Körper des Kleinhirns die Zentren für beide vorderen und beide hinteren Extremitäten, und zwar einmal getrennt und einmal in gemeinschaftlicher Gruppierung, also doppelt. Außerdem enthält der Körper des Kleinhirns die Zentren der Nacken- und der Rückenmuskulatur.

Digitized by Google

Von den beiden oberen Seitenwülsten besitzt ein jeder ein kleines Zentrum für die vordere und ein großes Zentrum für die hintere Pfote seiner Seite.

Außerdem enthält jeder obere Seitenwulst die Zentren für den Facialis, den Oculomotorius, den den Kopf von seiner Seite wegdrehenden Nerv-Muskelapparat und den N. trochlearis des entgegengesetzten Auges.

Es ist anzunehmen, daß die dem Experiment nicht zugänglichen Teile des Kleinhirns die Zentren der übrigen bisher noch nicht nachgewiesenen Muskelgruppen enthalten, und zwar die Zentren der Kauwerkzeuge, der Bauch- und der Brustmuskulatur.

6. Die kompensatorischen Leistungen im Kleinhirn und die Kompensation des Gesamtorganes.

Der Nachweis, daß die physiologisch so hochwichtige Innervation der Extremitätenmuskulatur im Kleinhirn allein durch drei an verschiedenen Orten gelegene Zentren vertreten ist, klärt nicht nur einen der Irrtümer der Lucianischen Lehre von der angeblichen »Homogenität« des Kleinhirns und seinen besonderen Beziehungen zu den Hinterextremitäten auf, er fördert auch noch eine neue Wahrheit aus der Dunkelheit physiologischer Mysterien an das Licht des Tages, welche eine bekannte, aber bisher nicht aufgeklärte Eigentümlichkeit der nervösen Zentralorgane ihrer Rätsel entkleidet: die Tatsache, daß gerade die nervösen Zentralorgane, trotz subtiler Lokalisation, hochgradige Zerstörungen vertragen, ohne immer entsprechende Funktionsausfälle zu verursachen.

Und so gewaltig sind die Vorkehrungen, welche die Natur getroffen hat, um die so wichtige Bewegungs-

Digitized by Google

funktion im Voraus gegen alle Gefahren zu schützen, daß sie der Muskelfunktion, zumal der wichtigsten, der der Extremitäten, nicht nur im motorischen Zentralorgan mehrfache und getrennt voneinander gelegene Zentren gegeben, sondern auch noch dafür gesorgt hat, daß das ganze Zentralorgan mit allen seinen Zentren im Notfall Ersatz findet.

Das sind die vereinzelten Fälle, in welchen das Kleinhirn beim Menschen erkrankt und beim Tier zerstört gefunden worden ist, ohne daß sich sein Verlust überhaupt bemerkbar gemacht hat.

Aus solchen Tatsachen folgt daher nicht, daß, wie Magendi geglaubt hat, das Kleinhirn entbehrlich und Luciani lehrt, ein »Anhängsel« des Zentralnervensystems sei, sondern, daß es im Notfall ebenso durch andere Teile des Zentralnervensystems ersetzt werden kann, wie bekanntermaßen nicht nur große Abschnitte, sondern ganze Hirnhemisphären und, wie die Goltzschen Versuche lehren, selbst der größte Teil beider Großhirnrindengebiete durch andere Teile des Gehirns funktionellen Ersatz finden. Auch eine Niere, ein Auge, ein Ohr, ist kein entbehrliches »Anhängsel« des Gesamtkörpers. Und doch kann es erkranken und ausfallen, ohne daß der Gesamtkörper sich nicht für die Funktion des fehlenden Organes Ersatz zu verschaffen wüßte.

7. Die Willensfunktion und ihr physiologischer Apparat.

Die über die Bedeutung des Kleinhirns hier gewonnenen Resultate gestatten, die große Funktion des Willens folgendermaßen physiologisch zu definieren.

Digitized by Google

Der Wille wird in der Rinde des Großhirns angeregt. Die Rinde ist ausschließlich Organ der höheren Seelenfunktionen. Als solches erzeugt sie Begriffe und Vorstellungen. Und aus beiden resultiert der psychische Akt des Willens. Seine physische Betätigung hat noch ihre besondere, durch die von der Außenwelt erregten Sinnesorgane in der Großhirnrinde induzierte physikalische Quelle.[1])

Der Wille ist ebenso wie die ihm kongruente Intelligenz das Produkt der gesamten Großhirnrinde, hat aber für die einzelnen den Gesamtorganismus zusammensetzenden Organkomplexe bestimmte auf der Rinde gelegene, zwar lokal getrennte, aber physiologisch vollkommen gleichwertige Felder, — die von mir sogenannten »Seelenfelder«.

Das Seelenfeld der Körperbewegungen umfaßt die vorderen Partien der Großhirnhemisphären und vor allem die Zentralwindungen. Hier setzt der Wille ein, welcher durch die grobe Muskulatur des Körpers wirken will. Von hier aus bringt er auch diese Muskulatur in Bewegung.

Um das zu tun, muß der Willensimpuls Zentren erregen, die der groben Bewegung vorstehen, wie der Musiker Tasten anschlagen muß, wenn er den den Ton erzeugenden Mechanismus in Aktion setzen will.

Bisher hat man angenommen, dieser Mechanismus befinde sich auf der Hirnrinde selbst, in den vorderen Partien derselben, im Seelenfeld der Bewegung.

Vorliegende Arbeit widerlegt diese Ansicht. Die vordere Partie der Großhirnrinde ist, wie die ganze

---

[1]) Adamkiewicz, Wie verrichtet der Wille mechanische Arbeit? Zeitschrift für klinische Medizin. 1902. Berlin.

Digitized by Google

Rinde des Großhirns, nur Seelenorgan, weckt nur Vorstellungen und Willensimpulse, enthält dagegen keine die Körperbewegungen direkt auslösenden, also motorischen Zentren.

Die Hauptangriffspunkte des Willens auf den Bewegungsmechanismus, die eigentlichen Zentren der Bewegung, die Klaviatur, der Tastapparat befindet sich im Kleinhirn. Auf ihn wirkt der in der Großhirnrinde entstehende Willensimpuls. Und durch ihn setzt dieser Willensimpuls den Bewegungsapparat in Tätigkeit. So kommt die gewollte Bewegung zustande.

An die Bewegungszentren des Kleinhirns gelangt der Wille von der Rinde des Großhirns durch Fasern des Stabkranzes und wahrscheinlich der Brückenarme. Und die Zentren des Kleinhirns tragen ihre Erregung auf dem Wege der Kleinhirnseitenstrangbahnen zu den großen Ganglien der grauen Vorderhörner, von wo aus sich der auf der Großhirnrinde entstehende Willensimpuls durch die motorischen Nerven der vorderen Wurzeln auf den bewegenden Apparat selbst, die Muskulatur, fortsetzt.

Das ist ein ganz anderer Weg als derjenige, welcher bisher als ausschließliche Bahn der Willensimpulse gegolten hat. Danach sollte der Wille durch den Stabkranz, die innere Kapsel, den Großhirnschenkelfuß und die Pyramidenbahnen an die multipolaren Ganglienzellen der großen Vordersäulen treten.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß der Wille beide Wege zugleich einschlägt, und daß die von ihm erregten doppelten Innervationswellen in den multipolaren Ganglienzellen der Vorderhörner zusammentreffen, um durch vereinte Kraft von den letzten Stationen aus den Bewegungsmechanismus anzutreiben.

Digitized by Google

Erhält durch diesen Nachweis einerseits die Tatsache ihre Erklärung, daß die Durchschneidung der Pyramidenbahnen die Bewegungsfunktion nicht aufhebt, so erfährt durch sie anderseits die Tatsache, daß das Kleinhirn zur Bewegung noch in ganz besonderer Weise in Beziehung steht, eine bedeutungsvolle Erweiterung.

Im Jahre 1881 habe ich[1]) darauf hingewiesen, daß das Kleinhirn durch tonisierenden Einfluß auf die Muskulatur die Willensbewegung reguliere und präzisiere. Und vorliegende Arbeit lehrt im Kleinhirn den eigentlichen Motor der Bewegungsmaschine kennen, den der Maschinist in der Rinde des Großhirns leitet.

So folgt aus allem, daß, sobald der Wille entsteht und den Bewegungsapparat in Funktion setzt, gleichzeitig drei Erregungswellen wachgerufen werden, welche die Maschine antreiben, in Bewegung bringen und gleichzeitig auch im richtigen Gang erhalten.

Die eine Erregung verläuft durch die innere Kapsel und die Pyramidenbahnen bis zu den grauen Vorderhornzellen.

Die andere erreicht auf der Bahn von Stabkranzfasern und der Brückenarme das Kleinhirn und greift in die hier gelegenen Zentren des Bewegungsapparates ein, um durch deren Vermittlung auf dem Wege der Kleinhirnseitenstrangbahnen und der grauen Vorderhörner die intendierten Bewegungen auszulösen.

Gleichzeitig werden im Kleinhirn tonisierende Zentren induziert, deren Erregung auf der Bahn der

---

[1]) Die Muskelfunktion betrachtet als das Resultat eines Gleichgewichthirns zweier antagonistischer Innervationen usw. Zeitschrift für klinische Medizin. 1881. Berlin.

Digitized by Google

Hinterstränge gleichfalls zu den Vorderhörnern abläuft, um durch Vereinigung mit den beiden anderen die natürliche und wirkungsvolle, also intendierte und kräftige Muskelfunktion gleichzeitig noch abzumessen und zu präzisieren.

Die Erkenntnis, daß die Großhirnrinde der Maschinist, das Kleinhirn der Motor und Regulator und die Muskeln das Achsen- und Räderwerk der Maschine darstellen, würde uns den Apparat der Willensfunktion klar, verständlich und lückenlos erscheinen lassen, bliebe in diesem System nicht doch noch eine Tatsache unaufgeklärt und also unverständlich, — die Tatsache, daß der Willensimpuls auf der einen Seite sich eines Motors in Gestalt des Kleinhirns bedienen, auf der anderen Seite aber durch Stabkranz, Großhirnschenkelfuß und Pyramiden ohne Vermittlung eines Motors direkt in das Räder- und Achsenwerk der Maschine eingreifen soll. Das wäre doch so, als ob der Musiker einmal in die Tasten und ein andermal in die Saiten des Klaviers griffe, um Melodien hervorzubringen oder der Lokomotivführer nicht nur vom Kessel aus, sondern auch durch direktes Erfassen der Lokomotivräder den Zug in Bewegung bringen wollte.

Allein auch auf der Pyramidenseite steht dem Großhirn ein Motor, also neben dem Kleinhirn ein zweiter, für seine Zwecke zur Verfügung.

Dieser zweite Motor besteht sogar aus drei Kesseln: Dem Linsenkern, dem Sehhügel und dem Schweifkern, die alle unter der Rinde des Großhirns liegen, aber auch alle mit ihr in Verbindung stehen.[1])

[1]) Vgl.: Adamkiewicz, Die Funktionsstörungen des Großhirns. Berlin 1898, Hans Th. Hoffmann, S. 181.

Digitized by Google

Es ist mir nicht zweifelhaft, daß das Kleinhirn einerseits, Linsenkern, Sehhügel und Schweifkern, wenigstens Teile derselben, anderseits nicht nur die gleichen Funktionen in der Kette der Willensbewegung vollführen, sondern auch, wie die beiden Dampfkessel einer großen Fabrik, einander aushelfen, wenn der eine von ihnen Schaden erleidet oder gar funktionsunfähig wird. Daher kommt es, daß Zerstörungen von Großhirnganglienmasse durch Blutungen keine bleibenden Lähmungen hervorrufen und daß gelegentlich einmal auch das Kleinhirn zugrunde gehen kann, ohne daß die Folgen dieses Ereignisses sich durch gänzliche Vernichtung der Bewegungsfunktion äußerte.

Bevor ich die Funktionen des Kleinhirns so genau gekannt habe, wie jetzt, glaubte ich, daß für die zerstörten Großhirnganglien die Großhirnrinde[1]) vikariiere. Die Kenntnis, die ich nunmehr sowohl von den Funktionen der Großhirnrinde als denen des Kleinhirns gewonnen habe, nötigt mich, diese Auffassung aufzugeben und sie durch die obenangeführte zu ersetzen.

Daß die Motoren des Großhirns, die Großhirnganglien, durch die Hauptmasse der Pyramidenbahnen mit den Muskeln der entgegengesetzten, die Wülste des Kleinhirns dagegen mit denjenigen der gleichgelegenen Körperhälfte in Verbindung stehen, macht fast den Eindruck, als ob die Natur eine noch ganz besondere Schutzmaßregel für die Muskulatur getroffen hätte, um sie durch eine nicht nur ausgiebige, sondern auch extreme Trennung der beiden gleichwirkenden Motoren vor Schädlichkeiten und vor Stillstand des ganzen Werkes zu schützen. Denn es müßten schon

[1]) Funktionsstörungen etc.

Digitized by Google

ganz ungewöhnliche Herde sein, die die ganze Beweglichkeit einer Körperhälfte durch Läsion sowohl der gleichseitigen Hälfte des Kleinhirns, als der ungleichseitigen des Großhirns brachzulegen imstande sein würden.

In dem Augenblick, da der Willensinpuls von der Großhirnrinde aus in die doppelte Klaviatur greift, in die der Großhirnganglien und in die des Kleinhirns, entsteht in letzteren gleichzeitig, wie wir gesehen haben, auch noch eine dritte Erregung, die tonisierende. Nach der ganzen Art ihrer durch Anspannung des Tonus auf die von den Willensimpulsen erregten Muskeln zustande kommenden antagonistischen und also hemmenden Wirkung, möchte ich sie mit derjenigen der Pedale vergleichen, die der Musiker in demselben Augenblick in Bewegung setzt, da er den durch Anschlagen der Tasten hervorbrechenden Tonschwall nicht nur dämpfen, sondern auch an der richtigen Zeitgrenze scharf abschneiden will. So dämpft der vom Willensimpuls induzierte Tonus die durch die Willenserregung angefachte Bewegungsflut und gibt der Muskelfunktion Präzision und Akkuratesse.

Daß das Kleinhirn nur die Klaviatur der Bewegungsfunktion enthält, nur Bewegungsorgan und nicht auch noch Kraftorgan der Bewegung ist, das folgere ich daraus, daß die Zerstörung des Tastwerkes im Kleinhirn den dadurch außer Funktion gesetzten Gliedern, wie wir gesehen haben, neben einer gewissen elementaren Beweglichkeit noch die ganze grobe Kraft läßt.

Elementare Beweglichkeit und grobe mechanische Kraft muß also den Muskeln von den unterhalb des Kleinhirns gelegenen Stationen der Willensimpulse zufließen, — aus den großen multipolaren Ganglienzellen

Digitized by Google

der Vorderhörner der grauen Rückenmarkssubstanz, wenn sie ihnen nicht, was ich erst kürzlich nachgewiesen habe, und was durch die Kleinhirnversuche in keiner Weise berührt wird, von den Ganglien der Großhirnrinde auf dem Wege der Pyramidenbahnen in Form elektrischer Ladung zufließt.[1])

[1]) Adamkiewicz, Die Großhirnrinde als Organ der Seele. Wiesbaden 1902. Abschnitt: Wille.

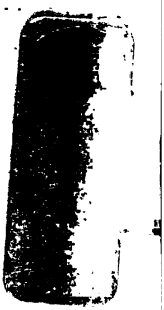
Digitized by Google

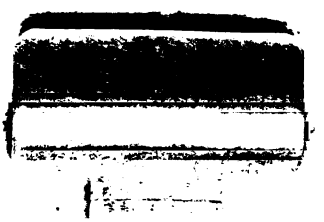
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

YC110270





Digitized by Google

DRUCK VON FRIEDRICH JASPER IN WIEN.

Digitized by Google